Über die hygienische Bewertung von Baumaterialien durch Darstellung ihrer Oberfläche

---

von

Mir Aboutaleb Samsami

aus Marand/Iran

1963

1965 M 150

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536505_0121

Aus dem Hygienisch - Bakteriologischen Institut
der Universität Erlangen - Nürnberg
Vorstand: Professor Dr. Maximilian Knorr

Über die hygienische Bewertung von Baumaterialien durch Darstellung ihrer Oberfläche

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
an der
Friedrich-Alexander-Universität
zu Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Mir Aboutaleb Samsami
aus Marand/Iran

Dekan: Professor Dr. G. Theissing

Referent: Professor Dr. M. Knorr

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.1963

Meinen Eltern und meiner Frau

in Dankbarkeit

gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Methodik	6
Mikroskopiertechnik	7
Fussbodenoberflächen	8
Untersuchungen von Wandfliesen	19
Ergebnisse	32
Literaturverzeichnis	38

EINLEITUNG

Die Krankenhaushygiene erlangt in neuerer Zeit zunehmende Bedeutung, da ein wesentlicher Fortschritt in der Bekämpfung des Hospitalismus nur dann zu erzielen sein wird, wenn neben der Asepsis im Operationssaal auch auf den Stations- und Krankenzimmern die antiseptische allgemeine Hygiene intensiviert wird (Hegemann). Besonders die Fussböden im Krankenhaus werden unter diesen Gesichtspunkten als "heisses Eisen" bezeichnet (Walter und Kundsin), womit gesagt werden soll, dass hier noch viele hygienische Probleme ihrer Lösung harren.

Die Wichtigkeit der Fussböden- und Wändeoberflächen für die Ausbreitung des Hospitalismus lässt sich aus der einschlägigen Literatur leicht ableiten. So konnten bakteriologische Untersuchungen zeigen, dass die Oberflächen in der Umgebung des Kranken als Keimträger in unerwartet hohem Ausmass zu gelten haben. Im Warteraum einer Tuberkulosenfürsorgestelle mit schlechtem, abgetretenen Fussboden waren sogar 43 % der untersuchten Proben tuberkelbakterienhaltig. Das Büro der Fürsorgerin mit neuen Fussböden und die Treppen und Flure, die ebenfalls gute Fussbodenbeläge enthielten, erwiesen sich als günstiger, da hier nur 12 - 20 % der Proben tuberkelbakterienhaltig waren, während sich der Prozentsatz in den Toiletten auf 30 - 50 % belief.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Qualität, die Oberflächenbeschaffenheit und das Reinigungsvermögen der Fussbodenoberflächen bezüglich des Keimgehaltes von entscheidender Bedeutung sind.

Die ersten vergleichenden Untersuchungen über die hygienischen Qualitäten von Linoleumböden und Holz- bzw. Estrichböden stammten von W. Hoffmann. Er führte Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen des Linoleums* als Fussbodenbelag im Vergleich

*Linoleumerfinder: F. Walton, 1860. Oxydationsprodukt von Leinölfirnis mit der verschiedensten Ausstattung (Korkmehl, Harz, Farbzusatz usw.) Linoxyn ist das Ergebnis der Oxydation von einem Leinöl, das Waltonöl heisst. Das Waltonöl entsteht aus rohem Leinöl mit einem Zusatz von 1 - 2 % Bleioxyd und Mennige. Das Blei spielt die Rolle eines Katalysators. Erst das von Waltonöl entstehende Linoxyn wird mit Harz versetzt (Linoleumzement). Aus Linoleumzement entsteht Linoleum, dem man Kork, Holzmehl, Farbstoffe usw. zusetzt.

zu Holz und Estrichfussböden durch. Nach seinen Untersuchungen bestehen Unterschiede in den Wärmeleitungsvermögen gleich dicker Linoleumplatten, die von verschiedenen Fabriken bezogen wurden. Der Grund für diese Unterschiede liegt wahrscheinlich in der verschiedenen Zusammensetzung, in erster Linie am Mischungsverhältnis von Kork und Linoleum.

Am schlechtesten leitet die Wärme von allen Linoleumsorten das Korklinoleum, das bei einer Dicke von 7 mm ein schlechterer Wärmeleiter ist als die meisten im Handel vorkommenden Panzerlinoleumproben von 10 mm.

Im Vergleich zu Kiefern- und Parkettfussböden ist auch das am schlechtesten wärmeleitende Korklinoleum ein guter Wärmeleiter.

Ein gut gelegter, trockener Holzfussboden von der üblichen Dicke hat bei weitem den grössten Anteil an einem warmen Fussboden; dieser Effekt kann durch Linoleum nur in geringem Grade erhöht werden für welchen Zweck in erster Linie Korklinoleum in Betracht käme.

Nach Untersuchungen von Bitter hat Linoleum die Fähigkeit, aufgebrachte Bakterien abzutöten; es behält diese Fähigkeit jahrelang. Beschleunigt wird die Bakterienvernichtung noch durch nachträgliches Anfeuchten: So wurden Typhusbakterien und Staphylokokken, als flüssige Kultur aufgebracht, innerhalb eines Tages vernichtet. Die wirksame Substanz befindet sich speziell im oxydierten Leinöl, dem Linoxin, einem Öl, das sich durch seinen grossen Sauerstoffreichtum auszeichnet. Wahrscheinlich wirken nur die trocknenden Öle in dieser Weise. "Vielleicht" spielt auch entweichende Ameisensäure, die bei der Oxydation fetter Öle entsteht, eine Rolle (Bitter).

Es wurden vergleichende Untersuchungen über die keimtötende Wirkung von Linoleum, Stragula und Balatum durchgeführt. Dabei erwies sich das Balatum unter den verschiedensten Versuchsanordnungen den geprüften Linoleumssorten teils überlegen, teils gleichwertig. Das Keimtötungsvermögen des Stragulafussbodenbelages ist nur gering (H. Schulz).

Zu den gleichen Ergebnissen über die Keimtötung auf Linoleumoberflächen kommt auch K. B. Lehmann. Nach Lehmann töten Linoleumstücke bei Zimmertemperatur (ca. 20° und bei 37°) auch bei Lichtabschluss reichlich aufgestrichene Bakterien in 24 Stunden sicher ab, wenn die Linoleumplatte in eine Petrischale mit Glasdeckel gebracht wird. Die Abtötung erfolgt in 24 Stunden meist bis auf Zehntel und Hundertstel Prozente. Meist überleben noch einzelne Keime. Bei kühler Temperatur (9 - 12°) ist die Wirkung schwächer. Auf Glas bleiben bei 20° und 9 - 12 ° annähernd 100 Prozent am Leben. Auch altes (bis 30 Jahre altes), gebrauchtes Linoleum ergab meist sehr gute Abtötungseffekte.

Kot und Eiter in geringer Verdünnung werden schlecht von Keimen befreit. In der Praxis sollen diese Körper ja durch Aufwaschen bis auf Spuren von den Böden entfernt werden. Bohnerwachs stört die Linoleumwirkung auf Bakterien in den ersten Tagen, sowie es "Linoleumemanation" aufgenommen hat, ist die Wirkung wie früher.

Liegt das Linoleum frei (nicht in einer Petrischale), so ist die abtötende Wirkung am stärksten, wenn einzeln oder zusammen vorhanden sind: Hohe Temperatur (steigert die Linoleumwirkung), sehr starkes Licht (Lichtwirkung gesellt sich zur Linoleumwirkung), Mangel an Pepton und anderen Schutzkolloiden, dünner Ausstrich, nicht: "dicker Tropfen", lange Wirkung (1 - 3 Tage).

Bei warmer Temperatur tötet Linoleum (auch mittlerer Temperatur etwa bis 20°) in 24 Stunden die Keime bis auf 0 oder wenige Prozente ab, auch bei kühlen Temperaturen (12 - 19°) werden noch in erheblichem Masse Keime abgetötet: Nach 24 Stunden sind bei schwacher und guter Beleuchtung etwa 20, nach 48 Stunden nur noch 6 % am Leben. Bei sehr starker Beleuchtung starben auch bei kühler Temperatur die Keime in 24 Stunden ab.

Dem gegenüber haben auf dem indifferenten Glas die Keime eine sehr viel grössere Lebensdauer, insbesondere sind auf Glas bei schwachem Licht nach 24 Stunden bei warmer und kühler Temperatur 96 - 77 % am Leben, am zweiten Tag noch mindestens 64 %. Bei gutem Licht ist das Absterben auf Glas verbessert, aber nur bei der Kombination kühles und starkes Licht kamen die Resultate denen auf

Linoleum gleich. Sehr starkes Licht wirkte auf Glas wieder schlechter als auf Linoleum.

Auf gehobeltem, nicht mit Leinöl eingeriebenen Fichtenholzbrettchen war bei schwachem Licht und starkem Licht die Abtötung stärker als auf Glas. Mit Linoleum verglichen war die Wirkung am 1. Tag etwas bis erheblich schlechter, an den folgenden Tagen blieb die Wirkung noch deutlich zurück. Holz saugt eine Anzahl Keime mindestens einen Millimeter in die Tiefe. Holzböden zeigen ausserdem stets Fugen, ältere Weichholzböden splitterige Abnutzung, eine hygienisch unerwünschte Eigenschaft. Auf Brettern mit Fussbodenölaufstrich verändert sich die Keimzahl aufgebrachter Bakterien nicht anders als auf einfach gehobelten Brettern - vielleicht weil es die Keimaufsaugung in die Tiefe nicht stört. Reichlicher Bohnerwachsaufstrich stört bei Holz die keimvermindernde Wirkung erheblich, es stört scheinbar die Keimaufsaugung in die Tiefe. Mit Leinöl eingeriebene Bretter erlangen nach einiger Zeit, wie schon Bitter fand, eine stark abtötende Wirkung, die dem besten Linoleum ähnlich ist. Als Nachteil muss etwas Klebrigkeit und unangenehmer Geruch in Kauf genommen werden.

Auf 8 verschiedenen, aschereichen und ascheärmeren Gummiplatten war die Abtötung von der auf Glas nicht wesentlich verschieden und sehr viel schlechter als auf Linoleum. Dass Linoleum beim feuchten Aufwischen nur Spuren von Wasser aufnimmt, ist hygienisch ein Vorzug.

Lehmann bestätigt durch seine Untersuchungen Bitters Resultate, dass das leicht rein zu haltende Linoleum in hygienisch-bakteriologischer Hinsicht ein sehr guter Fussbodenbelag ist.

Zu diesen Versuchen sind einige kritische Bemerkungen notwendig. Lehmann gelang ein chemischer Nachweis von Ameisensäure im Destilat von Linoleum nicht sicher. Als er aber statt Linoleum Linoxyn nahm, gelang leicht eine qualitative Ameisensäurereaktion. Weitere Untersuchungen liegen nicht vor, und Lehmann lässt offen, ob es sich bei den desinfizierenden Substanzen nur um Ameisensäure handelt, oder ob auch andere flüchtige Stoffe, z. B. Formaldehyd, mitwirken. Da bei Lehmann die desinfizierende Wirkung bei starker Lichteinwirkung grösser war, liegt es überdies nahe, dass die Wirkung nicht nur auf Wärmebasis, sondern auch durch die Strahlung,

d. h. Umsetzung chemischer Stoffe zu Formaldehyd entstand. Nicht nur die Versuche von Lehmann, sondern auch die anderer Autoren waren zudem in verschlossenen Gefässen durchgeführt worden, so dass erhebliche Konzentrationen desinfizierender gasförmiger Produkte wirksam sein mussten.

Die Versuche von Noziczka sind hier wenig einschlägig. Es kam ihm darauf an, die bei der Verbrennung von Triolin und Linoleum entstehenden Produkte auf ihre Giftigkeit zu prüfen. Er fand, dass Linoleum ohne tiefgreifende Veränderungen bis auf 170° erhitzt werden kann. Im übrigen hat er keine Versuche gemacht, wie bei normalen Zimmertemperaturen - auch bei einfallenden Sonnenstrahlen in das Zimmer - sich Triolin und Linoleum verhalten. Seine Folgerung, dass eine ungünstige Beeinflussung der Raumluft nicht entstehen werde, ist durch Versuche also nicht gestützt.

G. Hösel und G. Haupt haben Untersuchungen zur Bakterizidie bzw. Bakteriostase von Fussboden- und Tischbelägen durchgeführt. Es wird über die Abtötung bzw. Entwicklungshemmung von Bakterien durch Fussboden- und Tischbeläge berichtet. Von 51 Materialsorten zeigten 2 (Gummi) beste Wirkung, 6 (verschiedene) noch günstige, die übrigen wirkten nur schwach oder zum Teil sogar wachstumsfördernd. Auch bei diesen Untersuchungen wurde die Ursache der bakteriziden bzw. bakteriostatischen Wirkung nicht nachgewiesen. Die Technik bestand im wesentlichen darin, wie im Antibiotika-Blättchentest die Wirkung zahlreicher Präparate zu prüfen.

W. Wypkema und V. B. Adler haben ebenfalls den Keimgehalt von Wänden, Böden und Tischplatten untersucht. Sie fanden, dass vor allem die horizontalen Flächen keimhaltig waren, während die vertikalen Flächen kaum mit Bakterien behaftet waren. Die Mehrzahl der isolierten Keime war apathogen und erwies sich, einschliesslich der gelegentlich nachweisbaren pathogenen Staphylokokken, meistens als Penizillin-empfindlich.

Diese Ergebnisse lassen erkennen, dass den Baumaterialien, respektive ihren Oberflächen, die bei der Herstellung von Wänden, Fussböden und anderen Gebrauchsgegenständen im Krankenhausbau Verwendung finden sollen, besondere Beachtung zu schenken ist. Da es

bisher zwar Untersuchungen über den quantitativen und qualitativen Keimgehalt solcher Oberflächen gibt, aber Aussagen über die Oberflächenbeschaffenheit der entsprechenden Werkstoffe und der dadurch bedingten Keimretentionsmöglichkeiten nicht existieren, haben wir es unternommen, diese Lücke zu schliessen.

Mit Hilfe der sogenannten "Replica-Methode" wurden von den zu testenden Oberflächen Abdrücke hergestellt und bei Verwendung einer besonderen Beleuchtungstechnik damit eine genaue Analyse der Oberflächenstrukturen ermöglicht.

Methodik

Die Darstellung von Oberflächenreliefs im mikroskopischen Grössenbereich durch Herstellung von Kunststoffabdrücken (Triafol) von den zu untersuchenden Oberflächen und deren nachfolgende Betrachtung im Mikroskop wurde erstmals von Faasch, Hein und Koch beschrieben. Die Exaktheit der auf diese Weise herstellbaren Negativreproduktionen ist so gross, dass dieses Verfahren auf elektronenmikroskopische Oberflächendarstellungen modifiziert wurde und sich auch dort bestens bewährt hat (Pfisterer). Auch die Untersuchungen von Zahnoberflächen im lichtmikroskopischen Bereich haben durch diese Replicatechnik eine wertvolle Bereicherung erfahren (Pantke, Ahrens). Zur hygienischen Beurteilung von Oberflächen haben erstmals Knorr und Gräf sich der lichtoptischen Replica-Methode bei der Untersuchung von Kunststoffgeschirr-Oberflachen bedient. Die im folgenden angegebene Methodik entspricht dem Vorgehen, das auch dort schon Verwendung gefunden hat:

Ein Triafol-Film (Acetobutyrat-Folie von Bayer, Leverkusen) wird nach Befeuchten der zu prüfenden Oberfläche mit Aceton faltenfrei aufgelegt und nach erfolgter Trocknung vorsichtig abgenommen. Es ist dabei darauf zu achten, dass nur solche Stellen beurteilt werden, die keine Trocknungsfalten als Kunstprodukte aufweisen. Der Abdruck wird zwischen zwei plane Objektträger gelegt und mit dem Phasenkontrastmikroskop betrachtet. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass dieses Verfahren nur bei acetonunlöslichem Material durchführbar ist. Die Genauigkeit der Abdrücke wurde an besonders glatten Glasoberflächen überprüft. Demnach sind die einzelnen

Oberflächenabbildungen nicht Zufallsbefunde bestimmter Stellen, sondern entsprechen genau den tatsächlich vorliegenden Strukturen. Die charakteristische Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Materialien wurde durch Serienaufnahmen ermittelt, da die zur Abbildung gelangenden Oberflächenabschnitte naturgemäss sehr klein sind,und daher nur die Berücksichtigung mehrerer Gesichtsfelder bzw. Oberflächenausschnitte gültige Aussagen gestattet.

Auch den Oberflächen aufgelagerte Partikel, wie Staub, Bakterien und dergleichen, können an den Abdrücken gut sichtbar gemacht werden. Sogar von Körperoberflächen können bei exakter und schneller Arbeitsweise Abdrücke genommen und lichtoptisch dargestellt werden.

Mikroskopiertechnik

Die Objektträger mit den Folien werden unter das Phasenkontrastmikroskop gebracht und mit dem Phasenkondensor Nr. 2 (für schwache Vergrösserungen) von unten beleuchtet, wobei der Kondensor bis zum Anschlag nach einer Seite verschoben wird. Zu den Aufnahmen wurde das Photomikroskop mit Phasenkontrasteinrichtung der Firma Zeiss, Oberkochen, benutzt. Es wurde mit Objektiven 10-facher Vergrösserung gearbeitet. Durch diese Kunstgriffe in der Beleuchtungstechnik können die Abdrücke so kontrastreich gestaltet werden, dass sie einen zuverlässigen Eindruck der tatsächlichen Oberflächenstruktur vermitteln.

I) Fussbodenoberflächen

a) PVC-Bodenbeläge neu:

Zur Untersuchung gelangten PVC-Fussbodenbeläge verschiedener Fabrikate, unterschiedlicher Preislage und Farben. Zur Dokumentation der gewonnenen Ergebnisse werden im folgenden eine Auswahl der hergestellten Oberflächenbilder wiedergegeben.

Die Abbildung 1 zeigt das Oberflächenrelief eines PVC-Fussbodenbelages der besten Qualitätsstufe von 2 mm Stärke.

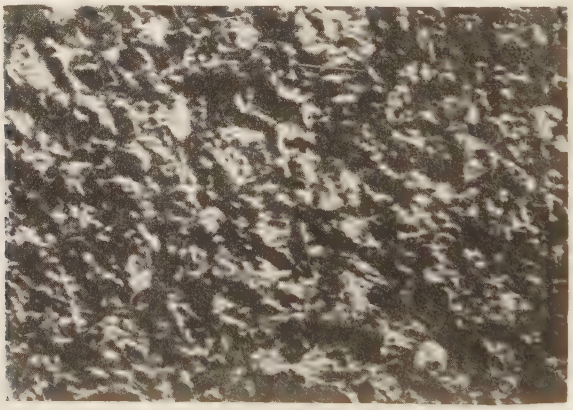


Abb. 1
Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussbodenbelages der besten Qualitätsstufe (Stärke 2 mm)

Man sieht eine verhältnismässig regelmässige Struktur, die sich aus einer grossen Anzahl muldenförmiger Vertiefungen ergibt, die im Durchschnitt Abmessungen von 5 - 50 µ haben und somit Keime gut aufnehmen können. Diese kleinen Mulden umgeben gröbere, hockrige Sekundärstrukturen mit Erhebungen zwischen 25 und 50 µ Durchmesser. Im grossen und ganzen eine Oberflächenstruktur, die noch einen geschlossenen Eindruck macht.

Die Abbildung 2 zeigt die Oberflächenstruktur eines PVC-Fussbodenbelages anderer Fabrikationsherkunft gleicher Qualität, der aber im Preis etwas unter dem der Abbildung 1 liegt.

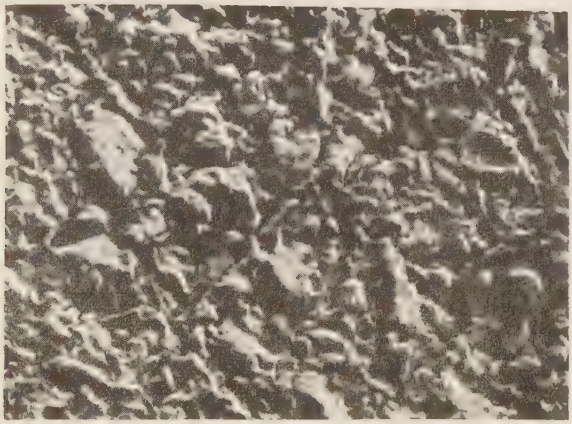


Abb. 2

Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussbodenbelages anderer Fabrikationsherkunft (Stärke 2mm)

Man sieht auf den ersten Blick eine Vergröberung der Struktur. Die Erhebungen sind von unregelmässiger Gestalt und besitzen zum Teil, durch scharfe Furchen voneinander getrennt, Abmessungen bis etwa 100 µ und mehr. Die verhältnismässig zerklüftete Oberfläche bietet sicherlich mehr Retentionsstellen für Schmutz und Keime als das vorhergehende Material. Daraus ist ersichtlich, dass auch die sog. guten Qualitäten bei gleicher Preislage sehr unterschiedlich ausfallen können.

Die Abbildung 3 zeigt einen etwas billigeren Belag. Er liegt aber noch in der Spitzenklasse.

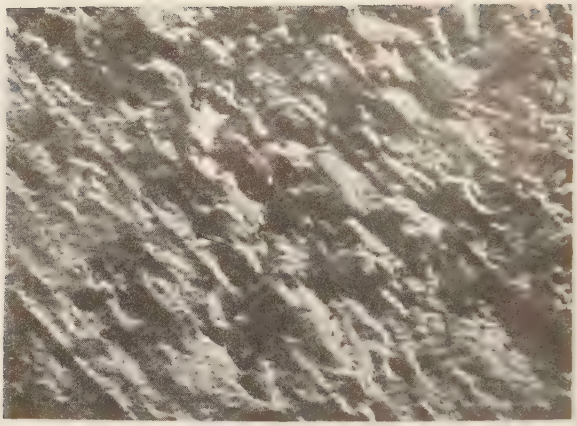


Abb. 3
Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussboden-belages von mittlerer Preislage
(Stärke 1,5 mm)

Hier ergibt sich als auffällige Abweichung zunächst ein geschlosseneres Bild. Die plateauähnlichen Erhebungen sind gegenüber spärlichen Graten vorherrschend. Die Oberfläche ist daneben von parallelgerichteten, kammartigen Streifen durchzogen, die sicherlich verarbeitungstechnisch bedingt sind. Unregelmässig Vertiefungen sind vorhanden, zum Teil muldenförmig mit Durchmessern von 25 - 50 µ. Ausserdem zeigt das Material winzige Poren von der Grössenordnung 1 µ. Unter hygienischen Gesichtspunkten erscheint der Belag infolge seiner geringeren Rauhigkeit günstiger als die beiden teueren Qualitäten.

Die Abbildung 4 gibt die Oberflächenstruktur des PVC-Belages mittlerer Preislage und die Abbildung 5 eines der billigsten Preislage wieder.

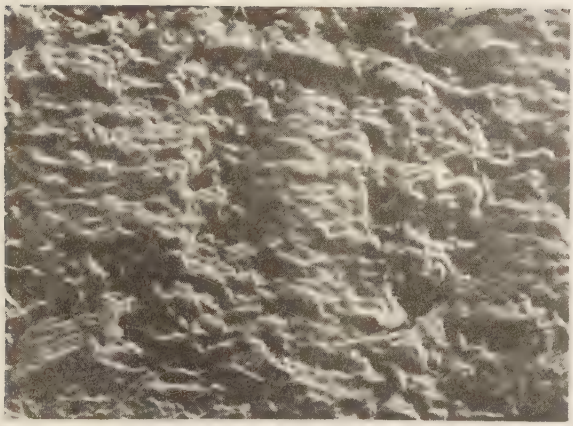


Abb. 4

Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussboden-belages mittlerer Preislage
(Stärke 1,5 mm)

Abb. 5

Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussboden-belages billigster Preislage
(Stärke 1,5 mm)

Das Material in Abbildung 4 mag durch seine Beschaffenheit weniger strapazierfähig sein. Hygienisch wirkt seine Oberfläche geschlossener und ungünstiger für die Aufnahme von Schmutz als z. B. Abbildung 2.

Mit zahlreichen Poren durchsetzt wie Abbildung 3, ist das Material der Abbildung 5 zunächst nicht so gleichmässig verarbeitet wie das in den Abbildungen 1 - 3. Besonders auffallend sind grosse Areale mit breiten Furchen, die an die 500 µ herangehen. In ihnen können also schon grobe Schmutzpartikel Platz finden.

Der Vollständigkeit halber haben wir auch PVC-Beläge untersucht, die nur 1 mm stark mit einer 3 mm dicken Filzunterlage versehen sind (Abb. 6).

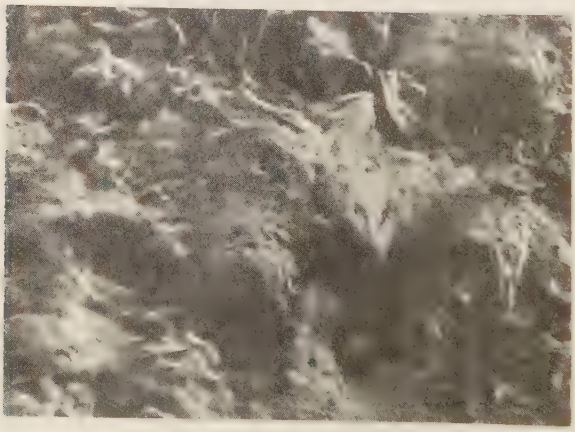


Abb. 6
Oberflächenbild eines neuen PVC-Fussbodenbelages mit Filzunterlage

Die Oberfläche weist starke wannenförmige Vertiefungen bis zu 150 µ und mehr auf. Die Porenstruktur (1µ) tritt fast gänzlich in den Hintergrund. Da es sich bei diesem Material um Beläge mit makroskopisch sichtbarer Aufrauhung handelt, sind die gewonnenen Bilder nicht verwunderlich. Die Schmutzretention dürfte entsprechend stark sein, besonders dort, wo über die grossen Poren eine Verbindung zur Filzunterlage gegeben ist.

b) Linoleum neu

Zu den Untersuchungen wurden Linoleum spezial Inleyet und Linoleum Supermoiere verwendet.

Die Linoleumoberflächen erweisen sich grundsätzlich als anders geartet als PVC-Kunststoffoberflächen. Sie machen einen inhomogeneren Eindruck, was nicht verwunderlich ist, wenn man bedenkt, dass Linoleum, im Gegensatz zu Kunststoff, ein Stoffgemenge darstellt. Dem entsprechen auch die Oberflächenabdrücke, die zum Teil sogar die einzelnen Partikel (z. B. Korkmehl) erkennen lassen (Abb. 7 und 8). Die Haftfähigkeit von Bakterien und Schmutz wird dadurch begünstigt.

Allerdings werden beim Linoleum die abdiffundierenden Stoffe, welche baktericide Eigenschaften besitzen (siehe Einleitung) diesen Nachteil zum Teil wieder ausgleichen! Es entstehen dann jedoch ungewöhnliche Geruchsveränderungen der Zimmerluft!

Abb. 7
Oberflächenbild eines neuen Linoleum spezial Inleyet-Fussbodenbelages (Stärke 2 mm).

Abb. 8
Oberflächenbild eines neuen Linoleum Supermoiere-Fussbodenbelages (Stärke 2mm)

Eine zusammenfassende hygienische Beurteilung der dargestellten Kunststoffoberflächen ergibt folgende Bewertung:

Zunächst einmal lässt sich feststellen, dass bei den meisten PVC-Belägen im Hinblick auf Rauhigkeit sich eine direkte Beziehung zur Preisklasse nicht erkennen lässt. Nur die billigsten Sorten schneiden auch in ihrer Oberflachenbeschaffenheit eindeutig schlechter ab. Besonders ungünstig sind in dieser Hinsicht die untersuchten PVC-Beläge mit Filzunterlage. Vergleicht man dagegen die Oberflächenstruktur von Linoleum, so fällt zunächst auf, dass naturgemäss, da es sich um einen Werkstoff handelt, die Oberflächenstrukturen einen anderen Charakter zeigen. Es fehlen hier ebensowenig Unebenheiten und Vertiefungen, die nach der Struktur, entsprechend der Verarbeitung, grober sind. Linoleum ist ja ein Gemenge zusammengeklebter Bestandteile, während die PVC-Kunststoffe eine einheitliche chemische Zusammensetzung haben. In Bezug auf Verschmutzungs-, Keimretentions- und Reinigungsmöglichkeit dürfte demnach die Linoleumoberfläche gegenüber dem PVC-Kunststoff schlechter abschneiden.

c) Vergleich gebrauchter Bodenbeläge von PVC und Linoleum:

Diese Unterschiede zwischen PVC und Linoleum erscheinen wesentlich verstärkt, wenn die betreffenden Kunststoffe nach einer längeren Gebrauchszeit in ihrer Oberfläche untersucht werden. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen PVC-Fussbodenbeläge nach einer Gebrauchsdauer von etwa 8 Jahren.

Abb. 9

Oberflächenbild eines gebrauchten PVC-Fussbodenbelages (vgl. Abb. 1!)
(H.Bakt.Inst.Treppen, 1.St.)

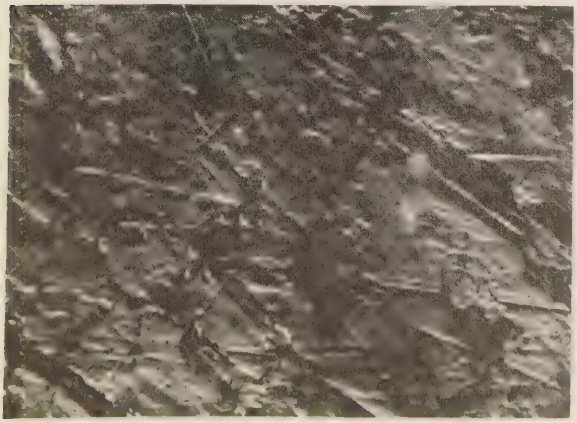


Abb. 10

Oberflächenbild eines gebrauchten PVC-Fussbodenbelages (vgl. Abb. 3!)
(H.Bakt.Inst.Treppen, 2.St.)

Es handelt sich in beiden Fällen um den Belag einer stark frequentierten Treppe. Beim Studium dieser Oberflächen fällt auf, dass selbst durch den starken Gebrauch eine wesentliche Veränderung des Oberflächenreliefs nicht feststellbar ist. Dieser Befund erklärt sich leicht durch die Tatsache, dass es sich bei den PVC-Kunststoffbelägen um ein durchgehend einheitliches Material handelt, das auch nach Abrieb der oberen Schichten immer wieder dieselben Strukturen zutage treten lässt.

Anders hingegen liegen die Verhältnisse bei gebrauchten Linoleumbelägen, deren Oberflächen wir in Abbildung 11 und 12 wiedergeben.

Das Material befand sich wiederum etwa 8 Jahre als Bodenbelag stark frequentierter Räume in Gebrauch. Es ist auffällig dass sich hier durch die Benutzung starke Veränderungen der Oberflächenreliefs eingestellt haben. In Abbildung 11 und 12 ist vor allem augenscheinlich, dass es an der Linoleumoberfläche nach der langen Gebrauchszeit von 8 Jahren zu zahlreichen Rissbildungen gekommen ist. Sie entstehen durch Herauslösen von oberflächennahen corpuskularen Bestandteilen.

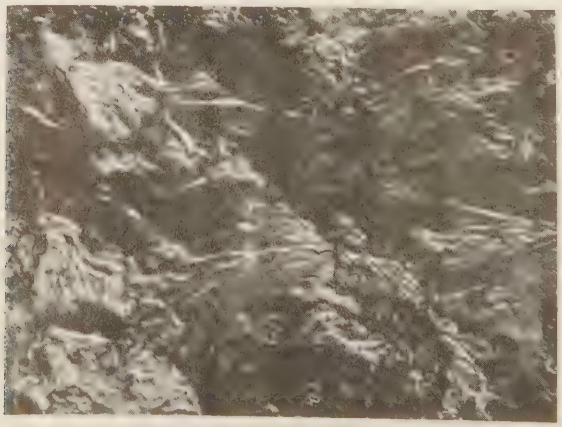


Abb. 11

Oberflächenbild eines gebrauchten Linoleum-Fussbodenbelages "ZK".
Man beachte die Rissbildung!

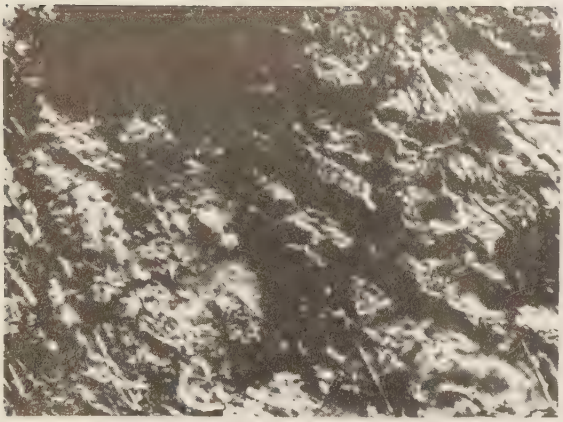


Abb. 12

Oberflächenbild eines gebrauchten Linoleum-Fussbodenbelages;
(H.Bakt.Inst.Bibliothek)
Es sind breite, klaffende Spalten entstanden!

Insgesamt schneidet also nach einer längeren Gebrauchsperiode der Kunststoffbelag günstiger ab.

d) Steinzeugbodenfliesen:

Da in vielen Fällen, wo man besondere hygienische Anforderungen an den Fussboden in Bezug auf Verschmutzung und Reinigungsmöglichkeit stellt, Steinzeugfliesen verlegt werden, haben wir auch solche Oberflächen mit Hilfe unseres Abdruckverfahrens untersucht.

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen die Oberflächen von solchen Fliesen. Sie sind natürlich, im Gegensatz zu den vorher abgebildeten Oberflächen,da und dort in der Struktur ähnlich. Ihre rauhe Oberfläche ist durch tiefere Furchen bedingt. Sie sind durch Verschmelzen der Grate vielfach zusammenhängend überbrückt. So entstehen auch plateauähnliche Flächen. Alle

diese Gebilde lassen durch scharfe Konturen eine eine gewisse Sprödigkeit vermuten (Abbildung 13)

Abb. 13
Oberflächenbild einer neuen Steinzeugbodenfliese

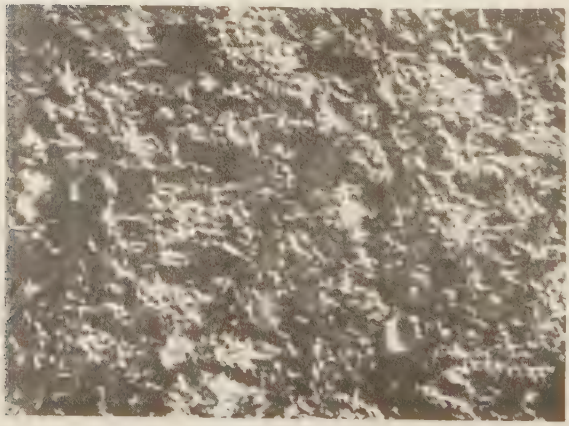


Abb. 14
Oberflächenbild einer neuen Steinzeugbodenfliese

In Abbildung 14 kann man deutlich die grobe Oberfläche erkennen, die sich aus Vertiefungen und Erhöhungen von etwa 20 - 50 μ Durchmesser zusammensetzt. Daneben ist eine feine Porenstruktur zu erkennen (1 - 5μ), die hier durch das Abschleifen (Einbrüchen in den verbindenden Oberflächen) entsteht. Ein Vergleich mit PVC-Belägen zeigt, dass die Oberflächenstruktur dieser Steinzeugbodenfliesen grössenordnungsmässig im Hinblick auf Rauhigkeit und Vertiefungen den billigeren Preislagen bei PVC entspricht. Natürlich sind aus diesen morphologischen Ähnlichkeiten keineswegs Schlüsse auf die Stabilität zu ziehen. Sicher ist nur, dass beim Benützen infolge der Sprödigkeit Abschilferungen, also Staubbildungen, bei Steinzeugfliesen eher gegeben sind.

I) Untersuchungen von Wandfliesen

Zur Auskleidung von Baderäumen, Duschräumen, Waschgelegenheiten, Lebensmittelbetrieben (wie Metzgereien) oder auch von chirurgischen Operationsräumen werden im allgemeinen Wandfliesen benutzt. Dabei kann man grundsätzlich wählen zwischen Keramikfliesen oder Glasfliesen. Wir haben daher diese beiden Wandfliesenarten in ihrer Oberflächenbeschaffenheit untersucht:

a) Keramikfliesen

Aus der verhältnismässig grossen Anzahl (insgesamt über 200) von Abdrücken und Ausschnittsfotographien haben wir die Abbildungen 15, 16, 17, 18 als representativ für die Oberflächenstrukturen bei neuen Keramikfliesen ausgewählt.

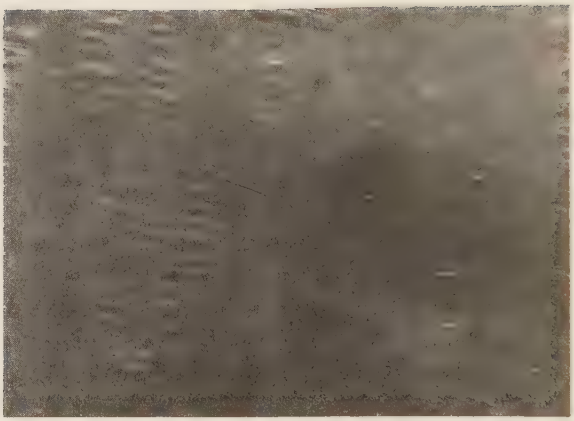


Abb. 15

Oberflächenbild einer neuen Keramikfliese; dunkel eine kleine "Wanne", wie man sie schon mit dem Auge auf einer Fliese 15x15 sieht. Sie sind durch die Glasur bedingt.

Abb. 16

Oberflächenbild einer neuen Keramikfliese

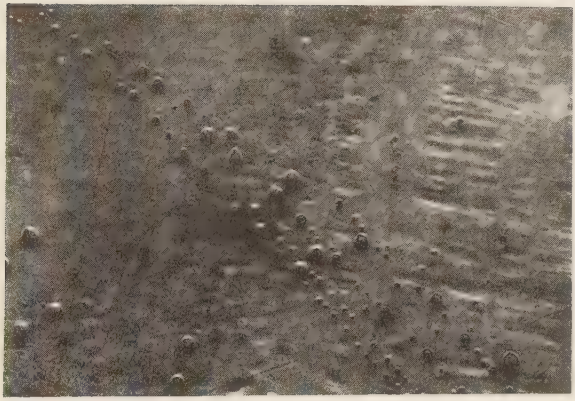


Abb. 17
Oberflächenbild einer neuen Keramikfliese

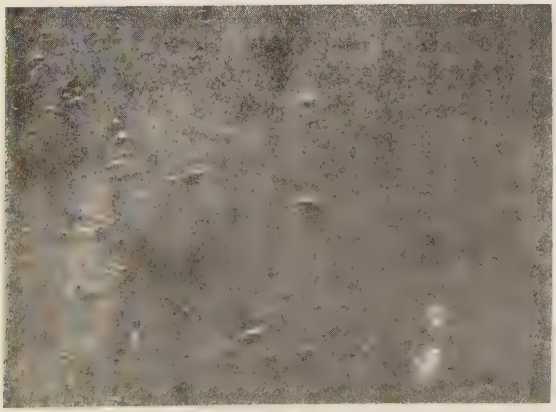


Abb. 18
Oberflächenbild einer neuen Keramikfliese

Als besonders charakteristisch wegen der Häufigkeit erweisen sich die in den Abbildungen 15, 16 und 17 dargestellten gerippten Erhebungen, die in die sonst verhältnismässig glatte Oberfläche eingelagert sind. Ihre Herkunft rührt wahrscheinlich vom Fabrikationsprozess her. Da die Rillen zwischen den Querrippungen von geringer Tiefe sind, kommen sie als Retentionsstellen für Schmutz weniger in Betracht, wenngleich natürlich bei gehäuftem Auftreten dieser Strukturen die Reinigung solcher Oberflächen sich schwieriger gestalten dürfte. Als weitere, gerade für die Keramikfliesen sehr charakteristische Strukturen sind besonders in den Abbildungen 17 und 18 sehr deutlich die zahlreichen zylindrischen und kegelförmigen Erhebungen anzusehen. Es handelt sich dabei offensichtlich um Glasurperlen, deren Anordnung in parallelen Streifen verhältnismässig oft anzutreffen ist. Es dürfte sich bei diesen Erhebungen um nicht vollständig glatt angelagerte Glasurmasse handeln.

b) Glasfliesen:

Die Glasfliesen zeigen in der Gesamtheit der durchgeführten Abdrücke (insgesamt über 300) etwas regelmässigere Oberflächen (Abbildungen 19 - 22), wenngleich auch vereinzelt wiederum die quergerippten, parallelverlaufenden Erhebungen. wie bei den Keramikfliesen anzutreffen sind.

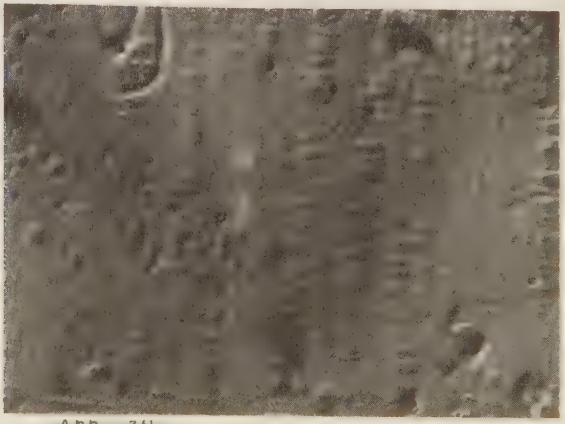


Abb. 19
Oberflächenbild einer neuen Glasfliese

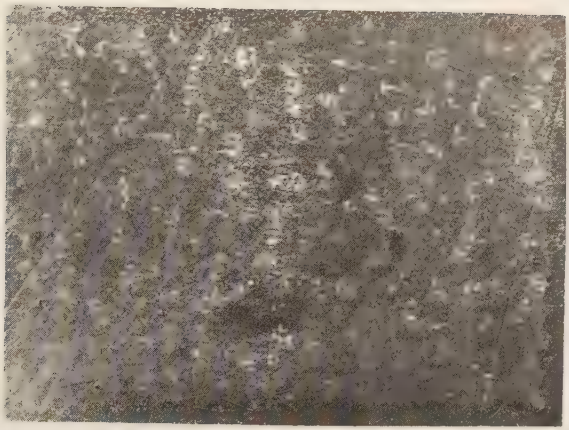


Abb. 20
Oberflächenbild einer neuen Glasfliese

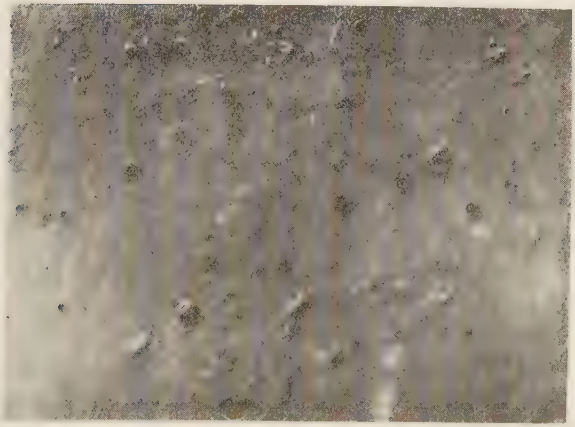


Abb. 21
Oberflächenbild einer neuen Glasfliese

Abb. 22
Oberflächenbild einer neuen Glasfliese

Auch Erhebungen (Glasperlen?) sind festzustellen, jedoch bei weitem nicht in dem Ausmass und kleiner wie bei den Keramikfliesen. Im übrigen zeigten Vergleichsuntersuchungen, dass die Oberflächen von Fensterglas im wesentlichen genauso beschaffen sind (Abbildungen 23 und 24).

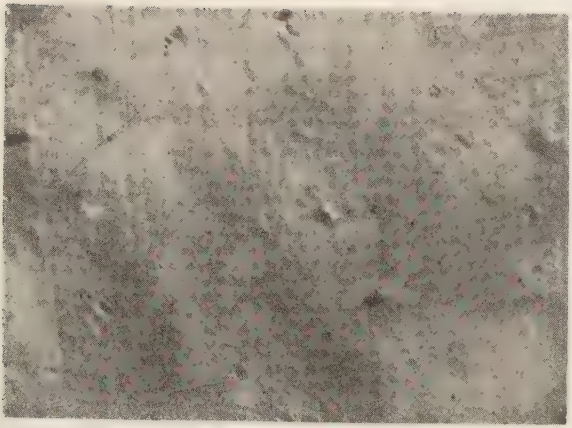


Abb. 23

Oberflächenbild eines gereinigten Fenster-Glases

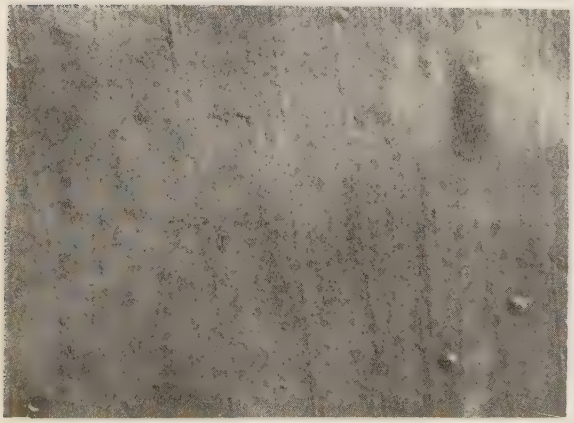


Abb. 24

Oberflächenbild eines gereinigten Fensterglases

c) Unterschiedliches Haftvermögen von Bakterien auf Keramik- und Glasfliesen:

Besprüht man Keramik- bzw. Glasfliesen mit einer wässrigen Suspension von Colibakterien, lässt diese antrocknen und führt dann das beschriebene Abdruckverfahren durch, so ergeben sich bei der Betrachtung der Abdrücke unterschiedliche Effekte. Während man auf der Keramikfliesenoberfläche (Abbildung 25) die aufgesprühten Bakterienkonglomerate deutlich als kleine Erhebungen von unterschiedlichem Ausmass erkennen kann, erscheinen bei der Glasfliese (Abbildung 26) die aufgesprühten Bakterienhäufchen nicht als Erhebungen, sondern als Vertiefungen.

Abb. 25

Oberflächenbild einer mit Colibakterien besprühten Keramikfliese

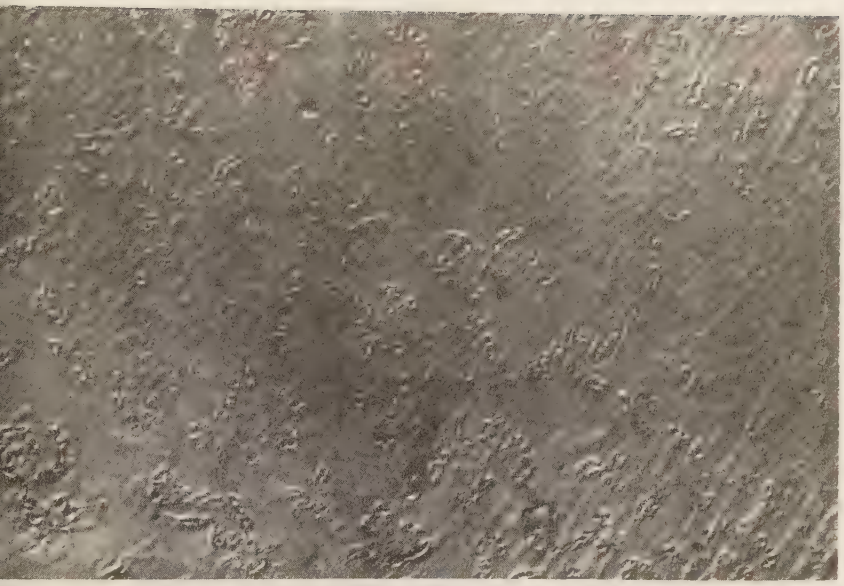


Abb. 26

Oberflächenbild einer mit Colibakterien besprühten Glasfliese

Dieser eigentümliche Effekt hat seine Ursache in unserem Abdruckverfahren bzw. der Technik unserer mikroskopischen Betrachtung. All diese Strukturen, die auf unseren Abbildungen als Erhebungen erscheinen, sind in unserer Abdruckfolie tatsächlich Vertiefungen (= Aussparungen der tatsächlichen Erhebungen auf der Oberfläche). Nur durch unsere Beleuchtungstechnik werden diese Aussparungen wieder als Erhebungen sichtbar. Bleiben hingegen die auf der abzubildenden Oberfläche befindlichen Erhebungen (= Bakterien) jedoch an der Abdruckfolie haften, so kehrt sich das Bild um. Wir haben nunmehr in der Folie echte Erhebungen, die dann bei unserer Betrachtungstechnik als Vertiefungen erscheinen.

Dass die in Abbildung 26 sichtbaren "Vertiefungen" tatsächlich in der Folie haftende Colibakterien sind, konnte färberisch bewiesen werden. Wenn man die Folie mit einem Ani-

linfarbstoff, wie Fuchsin, anfärbt, so kann man bei üblicher Betrachtung die angefärbten Bakterien in der Folie erkennen.

Dieser unterschiedliche Effekt, nämlich, dass bei unseren Abdrücken die Keime bei den Keramikfliesen auf der Fliesenoberfläche verbleiben, während sie bei den Glasfliesen am Abdruck haften, hat natürlich eine grosse hygienische Bedeutung. Es ist damit bewiesen, dass das Haftvermögen von Bakterien und sicherlich auch von Schmutzpartikeln auf Glasfliesen geringer ist als auf Keramikfliesen.

Um diesen Effekt mit Sicherheit nachweisen zu können, haben wir Keramik- und Glasfliesen mit der gleichen wässrigen Suspension von Colibakterien besprüht, Abdrücke genommen, die Folien durch Fuchsin gefärbt und dann die an der Folie haftenden Keime pro Flächeneinheit ausgezählt. Die Tabelle 1 enthält das Ergebnis dieser Zählung. Danach haften die Bakterien auf Glasfliesen entschieden weniger fest als auf Keramikfliesen.

Tabelle 1

	Fläche	Zahl der gehaft. Coli auf Platte	Zahl der gehaft. Coli auf Folie
Keramikfliese	1260 μ^2	39	20
Glasfliese	1260 μ^2	24	42

Wir sind uns darüber im klaren, dass die Zahlen in Tabelle 1 nur eine Bestätigung unserer schon optisch gewonnenen Befunde sein können. Zur statistischen Sicherung dieses Phänomens sind eine grosse Anzahl solcher Zählungen notwendig, die einer weiteren Arbeit vorbehalten sein sollen.

Trotzdem scheint uns schon jetzt die Aussage als gerechtfertigt, dass Glasfliesen sich leichter von Bakterien reinigen lassen als Keramikfliesen und Anflugkeimen weniger "Halt" bieten.

Wie schon eingangs erwähnt, sind nicht nur Fussböden und Wände als Keimträger von Bedeutung, sondern praktisch alle Oberflächen, die sich im Krankenzimmer oder Operationssaal finden. So zeigt die Abbildung 27 die Oberfläche eines ungeputzten Fensterglases mit vielen Staubteilchen!

Abb. 27
Oberflächenbild eines ungeputzten Fensterglases

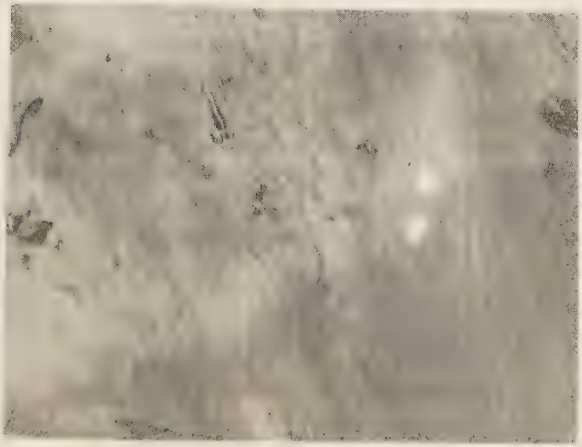


Abb. 28
Oberflächenbild eines gereinigten Fensterglases

Deutlich sieht man hier im Gegensatz zur Abbildung 28 eine grosse Anzahl feiner Partikel der Oberfläche aufgelagert.

Auch andere, scheinbar glatte Gegenstände, wie die Glasoberfläche einer Operationsleuchte, zeigen bei den Oberflächenstrukturuntersuchungen stark aufgerauhte Oberflächen. Die Abbildung 29 gibt die Oberfläche einer Operationsleuchte wieder.

Abb. 29
Oberflächenbild einer Operationsleuchte (aus Glas)

Man sieht, dass nicht alle Glasflächen gleichmässig glatt sind, sondern dass, wie in diesem Falle, auch Glasoberflächen tiefe Gravuren zeigen. Dass solche rauhen Glasoberflächen natürlich das Haften von Schmutz und Bakterien begünstigen, zeigt die Abbildung 30, wo auf der gleichen Lampe ein auf der Glasoberfläche befindlicher, sehr fest haftender Blutspritzer abgebildet ist.

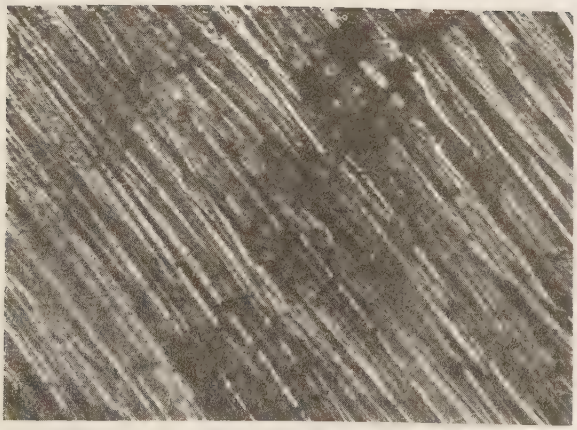


Abb. 30
Oberflächenbild von einem mit Blutspritzern behafteten Operationsleuchtglas.

Ergebnisse

Wir haben unsere Oberflächenstrukturanalysen durchgeführt an verschiedenen Fussbodenbelägen (Linoleum, PVC-Kunststoffe), ferner an Steinzeugbodenfliesen verschiedener Fabrikate. Von Wandbelägen wurden vor allem Keramikfliesen und Glasfliesen untersucht. Schliesslich wurden auch noch Schmutzbeläge und Bakterien auf Fliesen, Fensterglas und chirurgischen Beleuchtungskörpern dargestellt und Schlüsse auf das mehr oder weniger gute Haftvermögen von Bakterien auf solchen Oberflächen gezogen.

Die folgenden Ausschnitte unserer Abbildungen sollen in einer Zusammenschau eine übersichtliche Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse ermöglichen. Daraus ist ersichtlich:

1) Das Oberflächenrelief von neuen PVC-Belägen lässt von der Preisklasse her keine übereinstimmende Oberflächengüte erkennen. Im Hinblick auf Schmutz- und Bakterienretentionsmöglichkeit schnitt bei unseren Untersuchungen die mittlere Preisklasse z. B. am besten ab.

2) Das Oberflächenrelief von PVC-Fussbodenbelägen nach einer Gebrauchsdauer von 8 Jahren lässt tiefgreifende Veranderungen der Oberflächenbeschaffenheit nicht erkennen. Wahrscheinlich deshalb, weil die homogene Beschaffenheit der Kunststoffmasse selbst nach Abrieb der ursprünglichen Oberfläche immer wieder die gleichen Strukturen zu Tage treten lässt.

3) Linoleumbeläge zeigen dagegen eine inhomogene, rauhere Oberflächenstruktur, die sich aus der unterschiedlichen Materialbeschaffenheit (zusammengeleimtes Stoffgemenge!) herleitet. Die Schmutz- und Keimretention dürfte hierbei grösser sein.

4) Gebrauchte Linoleumbeläge zeigen nach 8 Jahren erhebliche Veränderungen ihrer Oberfläche. Vor allem hervortretend ist die starke Rissbildung, die solche, längere Zeit in Gebrauch befindlichen Linoleumfussböden hygienisch als bedenklich erscheinen lassen; zumindestens dort, wo in Kliniken und Operationssälen mit einer grösseren Verbreitung pathogener Keime zu rechnen ist.

5) Steinzeugbodenfliesen sind in ihrer Oberflächenrauhigkeit den billigsten PVC-Belägen gleichzustellen.

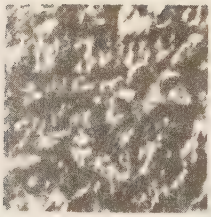
6) Keramikwandfliesen sind verhältnismässig von glatter Beschaffenheit. Als hervortretende Besonderheiten finden sich häufig quergerippte Erhebungen und Glasurperlen. Die Reinigungsmöglichkeit scheint dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt.

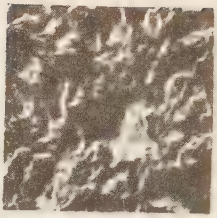
7) Glaswandfliesen sind in ihrer Oberflächenbeschaffenheit etwas besser als Keramikfliesen, obwohl auch hier in geringer Zahl die gleichen Oberflächenerhebungen wie bei Keramikfliesen anzutreffen sind.

8) Unterschiedlich erwies sich jedoch das Haftvermögen von Bakterien an Keramik- bzw. Glasfliesenoberflächen. Beim Abziehen einer aufgelegten Kunststoffolie von stark bakterienbehafteten Keramik- bzw. Glasfliesenoberflächen blieben die Keime zum grössten Teil auf der Keramikoberfläche haften, während sie von der Glasoberfläche grösstenteils an der Plastikfolie hängen blieben.

   Daraus folgt auch eine leichtere Reinigungsfähigkeit der Glasfliesen.

9) Bei Linoleumbelägen ist noch zu berücksichtigen, dass durch Abgabe von baktericiden bzw. bakteriostatischen Stoffen ein gewisser Ausgleich der an sich grösseren Verschmutzungsmöglichkeit geschaffen wird. Jedoch fehlen hier noch ausreichende Untersuchungen, ob die abgegebenen gasförmigen Stoffe (Ameisensäure, Herolein?) auf die Dauer in Wohnräumen ohne Bedenken sind. Vor allem in Nähe von Heizflächen sind solche Abgaben zu erwarten.





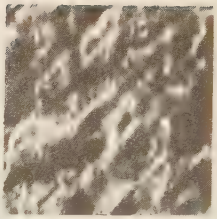


Abb.4

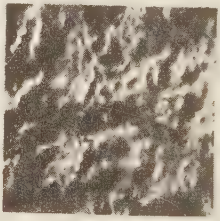


Abb.5

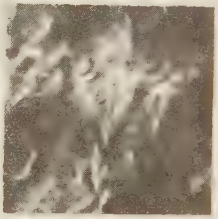


Abb.6

PVC-Belag "neu"

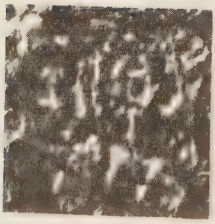


Abb.7

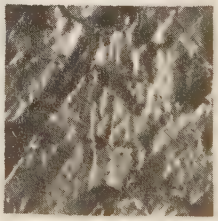


Abb.8

PVC-Belag "gebraucht"

Abb.1 Neuer PVC-Fußbodenbelag der besten Qualitätsstufe
Abb.2 Neuer PVC-Fußbodenbelag anderer Fabrikationsherkunft
Abb.3 Neuer PVC-Fußbodenbelag gehobener Preislage
Abb.4 Neuer PVC-Fußbodenbelag mittlerer Preislage
Abb.5 Neuer PVC-Fußbodenbelag billigster Preislage
Abb.6 Neuer PVC-Fußbodenbelag mit Filzunterlage
Abb.7 Gebrauchter PVC-Fußbodenbelag (H.Bakt.Inst.Treppen 1.St.)
Abb.8 Gebrauchter PVC-Fußbodenbelag (H.Bakt.Inst.Treppen 2.St.)

50 U

Abb.9

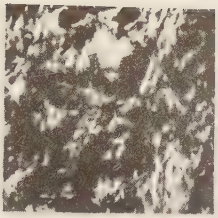
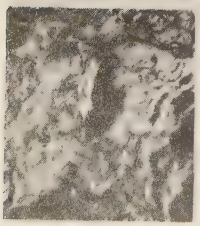
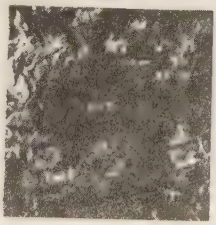


Abb.10

Linoleum-Belag "neu"





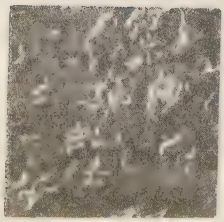


Abb.13

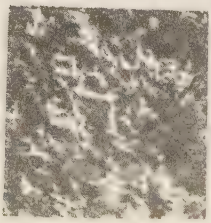
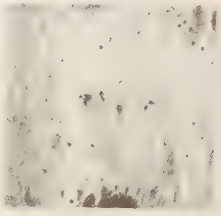


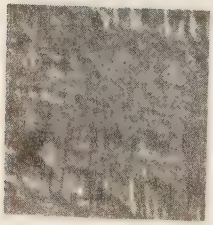
Abb.14

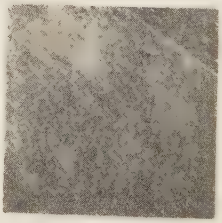
Steinzeugbodenfliese "neu"

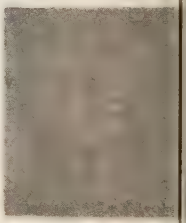
Abb. 9 Neuer Linoleum spezial Inleyet-Fußbodenbelag
Abb.10 Neuer Linoleum Supermoiere-Fußbodenbelag
Abb.11 Gebrauchter Linoleum-Fußbodenbelag (H.Bakt.Inst.Zi.Prof. Knorr)
Abb.12 Gebrauchter Linoleum-Fußbodenbelag (H.Bakt.Inst.Bibliothek
Abb.13 Neue Steinzeugbodenfliese
Abb.14 Neue Steinzeugbodenfliese

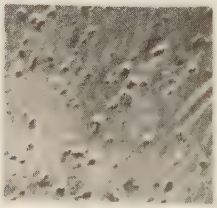
50 U











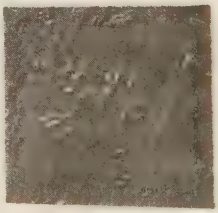
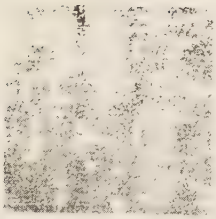


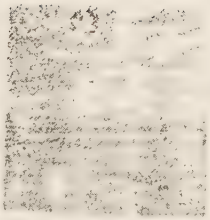
Abb.23 Abb.24

Keramikfliese mit Colibakt./Glasfliese mit Colibakt.

Abb.15 Neue Keramikfliese
Abb.16 Neue Keramikfliese
Abb.17 Neue Keramikfliese
Abb.18 Neue Keramikfliese
Abb.19 Neue Glasfliese
Abb.20 Neue Glasfliese
Abb.21 Neue Glasfliese
Abb.22 Neue Glasfliese
Abb.23 Eine mit Colibakterien besprühte Keramikfliese
Abb.24 Eine mit Colibakterien besprühte Glasfliese

5011





Gereinigtes Fensterglas

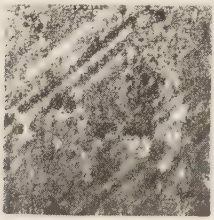
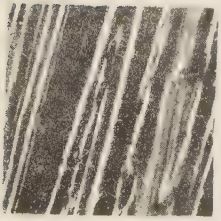


Abb. 27

Ungeputztes Fensterglas



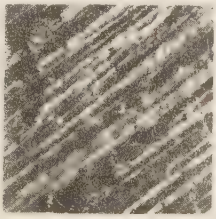


Abb. 29 Abb. 30

Operationsleuchte

Abb. 25 Gereinigtes Fensterglas
Abb. 26 Gereinigtes Fensterglas
Abb. 27 Ungeputztes Fensterglas
Abb. 29 Operationsleuchte
Abb. 30 Eine mit Blutspritzer behaftete Operationsleuchte

Literaturverzeichnis

Ahrens, G.: Über die Wirkung von Parodontose Ätzmitteln DZZ 18 (1963): 1028

Bitter, L.: Absterben von Bakterien auf den wichtigeren Baumaterialien; Zschr. f. Hygiene 69 (1911): 483

Faasch, W., G. Hein und L. Koch: Metalloberfläche 4 (1950)

Fritz, F.: Die bakterientötende Wirkung des Linoleums; Gesundheitsingenieur 37 (1914): 179

Hegemann, U., H. Beck und B. Wegner: Hospitalismus in der Sicht des Chirurgen; Dtsch.med.Wschr. 86 (1961): 593

Hoffmann, W.: Über das Wärmeleitungsvermögen des Linoleums als Fussbodenbelag im Vergleich zu Holz und Estrichfussboden; Archiv f. Hygiene 68 (1908): 54

Hösel, G. und G. Haupt: Zur Bakterizidie bzw. Bakteriostase von Fussboden- und Tischbelägen; Archiv f. Hygiene u. Bakteriologie 137 (1953): 231

Jakobitz, F.: Über desinfizierende Wandanstriche; Ztschr. f. Hyg. 37 (1901): 70

Knorr, M. und W. Gräf: Beitrag zur hygienischen Beurteilung von Kunststoffgeschirr, besonders in der Massenverpflegung Archiv für Hygiene u. Bakteriologie 146, Heft 5 (1962): 346

Lehmann, K.B.: Das Absterben von Eiterkokken auf Linoleum, Holz, Glas usw.; Archiv f. Hygiene u. Bakteriologie 106 (1931): 28

Noziczka, F.: Über das Verhalten von Triolin und Linoleum als Fussbodenbelag; Archiv f. Hygiene 97 (1926): 47

Pantke, H.: Die Replica-Technik; 9 (1956): 86

Pfisterer, H.: Die Naturwissenschaften 40 (1953): 106

Schulz, H.: Vergleichende Untersuchungen über die keimtötenden Eigenschaften von Linoleum und linoleumsähnlichen Ersatzstoffen; Ztschr. f. Hyg. 120 (1938): 54

Walter und Kundsin: Fussböden im Krankenhaus; Surg.Gynec.Obstet. 111 (1960): 412

Wypkema, W. und V.G. Adler: Bakterien an Klinikwänden; Lancet II (1962): 1066

Lebenslauf

Als erster Sohn des Staatsbeamten Mir Yahya Samsami und seiner Ehefrau Halime, geb. Amir Ahmedi, bin ich am 18. 11. 1932 in Marand/Iran geboren. Im Jahre 1938 wurde ich in die Volksschule Marand eingeschult und besuchte ab 1944 die Oberschule zu Teheran. 1951 bestand ich die Naturwissenschaftliche Reifeprüfung.

Zwecks Studium reiste ich im Dezember 1951 nach Deutschland. Nach einjährigem Studium am Dolmetscherinstitut zu Heidelberg begann ich mein Medizinstudium. Vom Jahre 1956 an studierte ich Zahnmedizin. Mir wurden 3 Semester von meinem Medizinstudium angerechnet. Im Oktober 1956 bestand ich das Vorphysikum an der Universität Mainz, und im Oktober 1957 bestand ich mein Physikum. Danach studierte ich an der Universität Erlangen, und im Wintersemester 1960/61 habe ich mein Staatsexamen an der Universität Erlangen abgelegt. Nach eineinhalb-jähriger Assistenzzeit begann ich am Hygienisch-Bakteriologischen Institut Erlangen zu promovieren.

Fotodruck
– W. Hogl, Erlangen, Brüxer Straße 9, (Nähe Röthelheimbad) Telefon 1636 [15336] –